



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA, NUCLEARE E DELLA PRODUZIONE
Via Diotisalvi, 2 – 56126 PISA – ITALY*

“IL PIANO DI EMERGENZA INTERNO NELLA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE: UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE ALLA SEDE CENTRALE DELLA PROVINCIA DI PISA”

M.N.CARCASSI, F. CARPINA – DIMNP

P. LOMBARDI – PROVINCIA DI PISA

E-mail: carcassi@ing.unipi.it Tel 050-585254 Fax 050-585265

Sommario

Il DM 10/03/98 stabilisce, per tutte le aziende pubbliche e private, che i lavoratori debbano partecipare ad esercitazioni antincendio, effettuate almeno una volta l'anno, per mettere in pratica le procedure di esodo e di primo intervento, e verificare la capacità del personale di percorrere le vie di uscita, identificare la posizione dei dispositivi di allarme, identificare l'ubicazione delle attrezzature di spegnimento.

Data la complessità di una struttura pubblica come la Provincia di Pisa, oltre a verificare “sulla carta” l’adeguatezza delle vie di esodo, l’ubicazione dei mezzi di spegnimento e l’attribuzione di responsabilità ai fini della gestione delle emergenze, è opportuno studiare il problema anche per mezzo di indagini “sul campo”, tese a verificare nella pratica le assunzioni fatte in sede di progetto. In tale ottica, per la sede centrale della Provincia di Pisa, è stata effettuata una “prova di evacuazione”, al fine di verificare alcuni aspetti basilari della “evacuazione” e in particolare:

- numero delle persone necessarie al corretto svolgimento dell’evacuazione
- tempistica dell’evacuazione, in particolare in relazione alla presenza di portatori di handicap o comunque di persone con limitazione di mobilità
- adeguatezza delle vie di esodo stabilite
- dimensionamento e gestibilità dei punti di raccolta esterni identificati

I risultati ottenuti sono stati confrontati con dati teorici disponibili in letteratura.

1. Introduzione

Lo studio della problematica della evacuazione ha interessato molti aspetti del vivere sociale. Storicamente si è assistito a evacuazioni di popolazioni o gruppi di esse sia per cause naturali (terremoti, inondazioni, ecc.) sia a causa di incidenti industriali. In questi casi il problema è di dimensionare le infrastrutture (mezzi, ospedali, ecc.) oltre che mettere a punto il “gruppo di gestione” che coordina le operazioni di evacuazione.

Nel caso degli edifici della pubblica amministrazione, e in generale degli edifici ad uso ufficio, l’evacuazione è intesa come l’azione “evasiva” da mettere in opera quando tutti i sistemi di prevenzione sono falliti. In questo caso la normativa prevede da un lato uno studio atto a determinare il dimensionamento dei percorsi di fuga in funzione dell’affollamento ipotizzabile, dall’altro prescrive delle esercitazioni che hanno il compito fondamentale di allenare le persone ad eseguire correttamente le azioni previste nel piano di evacuazione.

Solo da una attività legata alla predisposizione di un piano di emergenza, alla sua prova, alla correzione del piano stesso in funzione dei risultati ottenuti può nascere una “cultura” della sicurezza che è il vero obiettivo della normativa.

Per effettuare un tale tipo di studio nel caso dell’edificio sede dell’Amministrazione Provinciale di Pisa, in data 29 Aprile 1999 è stata effettuata una prova di evacuazione mirante, oltre che alla messa in pratica del piano di emergenza elaborato, anche alla “misurazione” di alcune grandezze atte a descrivere il fenomeno dell’evacuazione stessa, utilizzate dai principali modelli disponibili in letteratura per la determinazione delle caratteristiche dell’esodo e per il dimensionamento delle vie di fuga. A seguito di tale valutazione, sono stati confrontati i valori ottenuti con i modelli suddetti, per verificare da un lato la corretta impostazione del piano di emergenza e dall’altro l’applicabilità pratica di tali modelli al caso particolare.

2. Modelli teorici per la valutazione dei flussi di evacuazione

2.1 Fasi dell’evacuazione da un edificio

In letteratura vengono fornite diverse correlazioni per il calcolo del flusso di persone teorico attraverso una via di esodo una volta nota la densità di persone sulle vie di esodo. In funzione del flusso è possibile calcolare, ad esempio, il tempo che un certo numero di persone impiega per uscire da una data uscita di sicurezza, note le dimensioni dell’uscita. Se il numero di persone considerato è il totale delle persone che devono passare da quella uscita secondo il piano di emergenza, si ha il tempo totale di evacuazione delle persone suddette.

L’evoluzione temporale dell’evacuazione da un edificio minacciato da un incendio o da un altro evento incidentale può essere studiata mediante una suddivisione in fasi.

L’evento incidentale si suppone avvenire al tempo $t_0=0$

- Tempo di rilevazione, t_R : intervallo di tempo necessario ai sistemi di rilevazione per riconoscere la situazione incidentale
- Tempo di rivelazione o di allarme, t_A : intervallo di tempo necessario ai sistemi di rivelazione per dare l’allarme o alle persone per accorgersi dell’avvenuto incidente
- Tempo di preparazione al movimento t_{PM} : da scindere in
 - tempo necessario a rendersi conto dell’emergenza (t_e);

- tempo necessario a pensare all'azione da compiere (t_a)
- tempo di risposta fisica (t_r)
- Tempo di movimento delle persone verso luoghi sicuri, t_M : tempo per spostarsi dalla zona di pericolo a un luogo sicuro

Il tempo di evacuazione totale (t_{evac}) è la somma di questi:

$$t_{evac} = t_R + t_A + t_{PM} + t_M$$

2.1.1 Fase di rilevazione e di allarme:

Il calcolo dell'intervallo di tempo necessario all'attivazione di dispositivi di rilevazione di un evento incidentale (es. rivelatori di fumo), può essere effettuato per mezzo di relazioni sperimentali in funzione delle caratteristiche dei dispositivi di sicurezza e della loro disposizione all'interno dell'edificio. In Mutani (1) viene riportata la seguente correlazione:

$$t_R + t_A = t_D$$

con:

$$t_D = 5.36 \cdot a^{-0.478} \cdot HM^{0.7}$$

dove:

t_D è il tempo di attivazione in funzione della potenza dell'evento incidentale Q e dell'altezza della stanza HM

T è il tempo in secondi

$Q = a \cdot t^2$ è la potenza in kW

α è il parametro che caratterizza la fase di crescita dell'evento incidentale, ricavabile dalla seguente tabella, a seconda del tipo di incendio:

| | Tipo di incendio | | | |
|------|------------------|---------|---------|-------------|
| | Lento | Medio | Veloce | ultraveloce |
| Alfa | 0,00293 | 0,01172 | 0,04689 | 0,18757 |

Se il sistema di rilevazione non è funzionante, si può imporre $t_R + t_A = 2 \cdot t_D$

2.1.2 Fase di preparazione al movimento

La fase di preparazione al movimento è costituita dall'intervallo di tempo che intercorre tra l'istante in cui la singola persona riceve l'informazione dell'emergenza in atto (ad es. per la vista diretta del fumo oppure per la percezione del suono dell'allarme) e quello in cui inizia a muoversi verso l'uscita. La stima della durata di tale fase può essere effettuata in relazione a studi di psicologia basati su età, sesso, stato di allerta degli occupanti, posizione all'interno dell'edificio e condizioni presenti nell'ambiente in cui si realizza l'emergenza.

In ogni caso , i valori presenti in letteratura per la durata di tale fase non superano in ogni caso i 10 secondi. Per i fini del presente lavoro non risulta necessario un ulteriore approfondimento.

2.1.3 Fase di spostamento

La fase di spostamento è suddivisa in tre parti:

- fase di spostamento dal punto di partenza alla prima uscita interna
- fase di spostamento dalla prima uscita interna fino all'uscita verso l'esterno
- Fase di spostamento per allontanarsi dall'edificio

Per determinare le caratteristiche di questa fase, in Mutani (1) viene seguito il cosiddetto “modello idraulico”.

In tale modello il tempo di esodo è calcolato da una serie di leggi empiriche derivate da test sperimentali, considerando l'esodo delle persone come il moto di un fluido. A questo scopo, vengono introdotti alcuni concetti:

Effettiva larghezza W_e

Porzione della larghezza di un corridoio o di una via di uscita effettivamente utilizzata dalle persone. Ciò è dovuto a problemi di equilibrio o non aderenza al muro la sezione dell'uscita. Nella seguente tabella sono riportati i valori della larghezza inutilizzata in alcuni casi di interesse

| Elemento della via di esodo | Larghezza inutilizzata (cm) |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Scale – muro o lato della pedata | 15 |
| Mancorrenti, ringhiere, parapetti | 9 |
| Corridoi, muri di rampe | 20 |
| Ostacoli | 10 |
| Larghi passaggi, ampie vie di esodo | Fino a 46 |
| Porte, volte | 15 |

L'ampiezza della via di esodo deve essere quindi corretta, misurandola al netto dello spazio inutilizzato.

Densità di affollamento D

Massimo numero prevedibile di persone presenti per unità di superficie lorda di pavimento del compartimento o del locale preso in esame. Nel modello idraulico, tale grandezza e' associata alla densità del fluido.

Velocità di movimento degli individui S

E' funzione della densità di affollamento D.

La velocità di spostamento di un gruppo di persone è funzione della densità di affollamento. In Mutani (1) è riportata la seguente correlazione, valevole per valori di densità compresi tra 0.54 e 3.8 persone/m²:

$$S=k*(1-a*D),$$

con $a=0.266 \text{ m}^2/\text{persona}$

e K ricavabile dalla seguente tabella:

| Elemento della via di esodo | | k (m/s) |
|---|--------------------|---------|
| Corridoi, spazio tra due file di panche, rampe, porte | | 1.4 |
| Scale | | |
| <i>Alzata (cm)</i> | <i>Pedata (cm)</i> | |
| 19 | 25.4 | 1 |
| 17.8 | 27.9 | 1.08 |
| 16.5 | 30.5 | 1.16 |
| 16.5 | 33 | 1.23 |

In questo modello, per densità < 0.54 persone/m² le persone sono in grado di muoversi indipendentemente, e pertanto il valore di velocità è indipendente dalla densità e pari a quello calcolato per densità di 0.54 pers/m².

Per densità > 3.8 persone/m² (0.266 m²/persona) il moto si arresta: il gruppo di persone non è più in grado di muoversi finché le prime file non sono uscite, diminuendo così la densità.

Se si considera la velocità verticale lungo le scale, essa dipende dall'alzata e dalla pedata

| Elemento della via di esodo | | k (m/s) |
|---|--------------------|---------|
| Corridoi, spazio tra due file di panche, rampe, porte | | 1.3 |
| Scale | | |
| <i>Alzata (cm)</i> | <i>Pedata (cm)</i> | |
| 19 | 25.4 | 0.94 |
| 17.8 | 27.9 | 1.01 |
| 16.5 | 30.5 | 1.09 |
| 16.5 | 33.0 | 1.16 |

Un'altra correlazione, data da Marotta (2), è la seguente:

$$S=1,3 - 0.0901*D^{4,3758} \quad \text{per } D < 1,2 \text{ pers/m}^2$$

$$S=1,272*D^{-0,7954} \quad \text{per } D > 1,2 \text{ pers/m}^2$$

Flusso specifico F_s

Persone che attraversano l'unità di larghezza effettiva di passaggio nell'unità di tempo

$$F_s = S * D \text{ (unità: pers/(min*m)}$$

E' corrispondente alla capacità di deflusso della normativa italiana.

Sostituendo nella relazione sopraesposta per S, si trova

$$F_s = D * k * (1 - a * D)$$

Il flusso è massimo per una densità di circa 1.9 persone/m²

Capacità di deflusso C

E' una grandezza presente nella normativa nazionale, e si utilizza per calcolare il numero dei moduli di uscita per l'evacuazione del numero massimo di persone presenti (Nmax – massimo affollamento ipotizzabile). Si ha:

$$N_{mod} = N_{max} / C$$

Rappresenta il numero delle persone che possono defluire attraverso una uscita della larghezza di un modulo in un intervallo di tempo prestabilito:

$$C = D * S * \Delta t$$

Dove D= densità,

S= velocità di deflusso;

Δt = tempo di evacuazione massimo ammissibile (per la normativa)

Flusso calcolato F_c

E' la portata di persone simulata attraverso il punto del sistema di vie di esodo:

$$F_c = F_s * W_e$$

W_e = larghezza effettiva

$$F_c = W_e * D * k * (1 - a * D)$$

Tempo di passaggio T_p

Tempo necessario affinché un gruppo di persone passino attraverso un punto del sistema di vie di esodo

$$T_p = P / F_c$$

Con P = numero di persone

Si ottiene come

$$T_c = \frac{P}{W_e \cdot D \cdot k \cdot (1 - a \cdot D)}$$

Se si considera il numero totale di persone che deve uscire, è il tempo totale di uscita.

3. Stima dei flussi teorici di evacuazione per la sede della Provincia di Pisa

3.1 Fase di rilevazione e di allarme:

La stima dei tempi necessari per la rivelazione e l'allarme viene fatta considerando il caso di sistemi di rilevazione non attivati. Questo è coerente con la situazione reale presente nell'edificio della Provincia, nel quale sono presenti sistemi di rilevazione automatica soltanto nei locali a maggior rischio di incendio (archivi). Una situazione di pericolo in un qualunque altro locale deve essere dunque rilevata direttamente dagli addetti presenti che provvederanno poi a dare l'allarme nei modi previsti dal Piano di Emergenza interno.

Il calcolo del fattore t_D viene effettuato quindi con l'approssimazione $t_D = 2 \cdot t_{D(\text{aut})}$ dove $t_{D(\text{aut})}$ è il valore calcolato nel caso in cui siano attivi i sistemi di rivelazione automatica.

| Tipo di incendio | Lento | Medio | Veloce | ultraveloce | |
|---------------------|---------|---------|---------|-------------|---|
| Alfa | 0,00293 | 0,01172 | 0,04689 | 0,18757 | |
| HM | 5 | 5 | 5 | 5 | <i>Altezza media dei locali della Provincia</i> |
| $t_{D(\text{aut})}$ | 268,7 | 138,5 | 71,4 | 36,8 | <i>secondi</i> |
| t_D | 537,4 | 277,0 | 142,7 | 73,6 | <i>secondi</i> |

Quindi questo tempo teoricamente per la provincia è variabile da 1'10" secondi a 9'.

In funzione delle caratteristiche dell'edificio e dell'attività svolta (attività a rischio di incendio basso), è ragionevole ipotizzare che un possibile incendio al di fuori delle aree in cui sono presenti i sistemi di rilevazione automatica non sia di tipo superiore a "medio". La scelta di un tipo di incendio "medio" risulta un compromesso più valido rispetto all'ipotesi di incendio lento, che richiede un tempo ancora maggiore per la rivelazione ma è certamente meno pericoloso per l'incolumità delle persone. Pertanto il tempo necessario alla rivelazione e all'allarme viene stimato in

$$t_D = 4'40''$$

3.2 Fase di preparazione al movimento

Per quanto esposto nel paragrafo 0 si assume il valore

$$t_{PM} = 10''$$

3.2.1 Massimo affollamento ipotizzabile

Secondo la definizione di Marotta (2): Massimo numero di persone presenti a qualsiasi titolo nel compartimento o locale in esame. E' dato da

$N_{max} = D * A$ dove D = densità di affollamento, A = superficie lorda del locale o compartimento.

3.3 Fase di spostamento

La fase di spostamento è teoricamente suddivisa in tre parti:

Fase 1. fase di spostamento dal punto di partenza alla prima uscita interna

Fase 2. fase di spostamento dalla prima uscita interna fino all'uscita verso l'esterno

Fase 3. Fase di spostamento per allontanarsi dall'edificio

Nel caso della Sede della Provincia, la durata sia della prima che della terza fase può essere determinata in via approssimata in base alle seguenti considerazioni:

- la limitata estensione di tutti i locali rende minimo il tempo necessario a muoversi dal posto di lavoro alla prima uscita interna. Tale periodo di tempo può essere stimato tra i 5 e i 10 sec.

- i punti di raccolta esterni sono molto vicini alle relative uscite di emergenza. Anche in questo caso il tempo necessario a raggiungerli può essere stimato in circa 10 sec.

Decisamente più articolata è la determinazione delle caratteristiche dell'evacuazione nella seconda fase. Pertanto tale fase è stata ulteriormente suddivisa:

Fase 2.A. fase di spostamento dalla prima uscita interna (porta dell'ufficio) all'uscita di piano

Fase 2.B. fase di spostamento dalla uscita di piano all'uscita verso l'esterno (discesa delle scale - per il piano terra questa fase manca)

Il calcolo del tempo di evacuazione teorico parte dalla valutazione della densità, calcolata per "settori". Il settore è costituito dalla porzione di ogni piano alla quale è assegnata una determinata scala di emergenza. (vedi Figura 1, Figura 2, Figura 3)

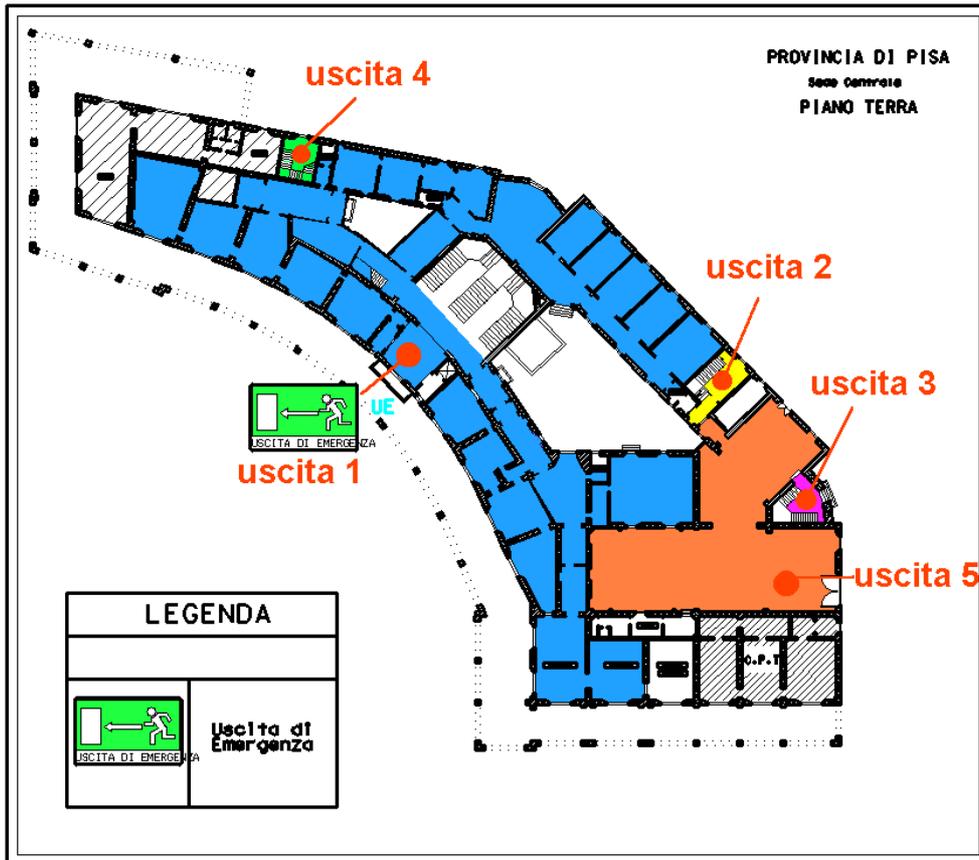


Figura 1: Provincia di Pisa, piano terra

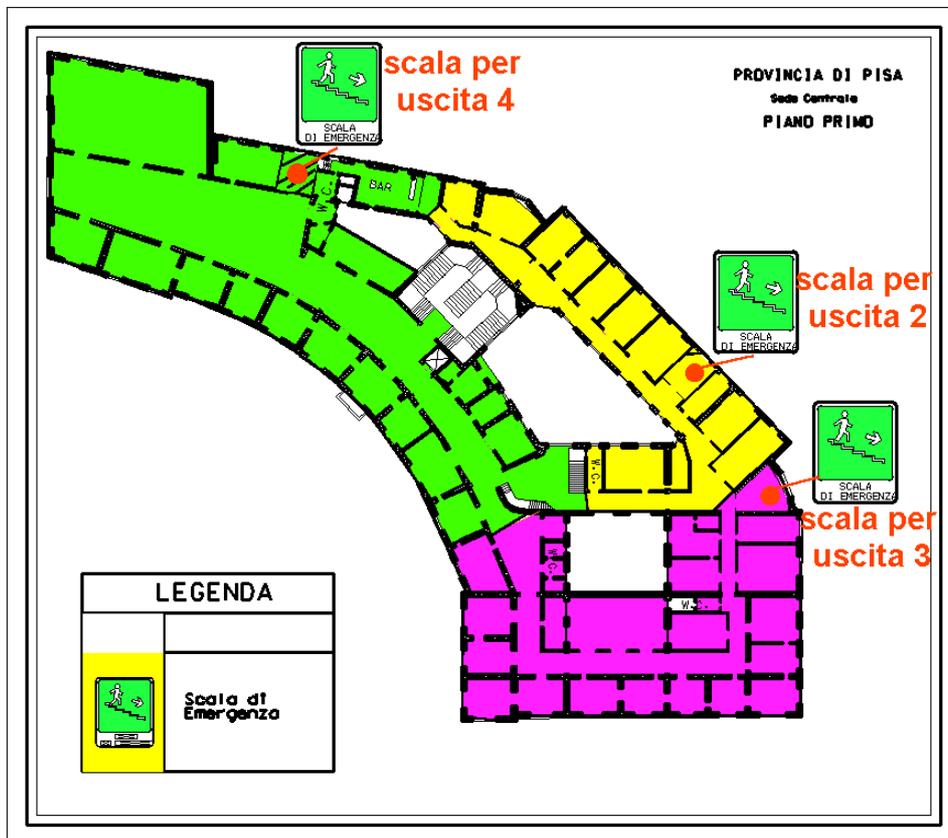


Figura 2: Provincia di Pisa; piano 1

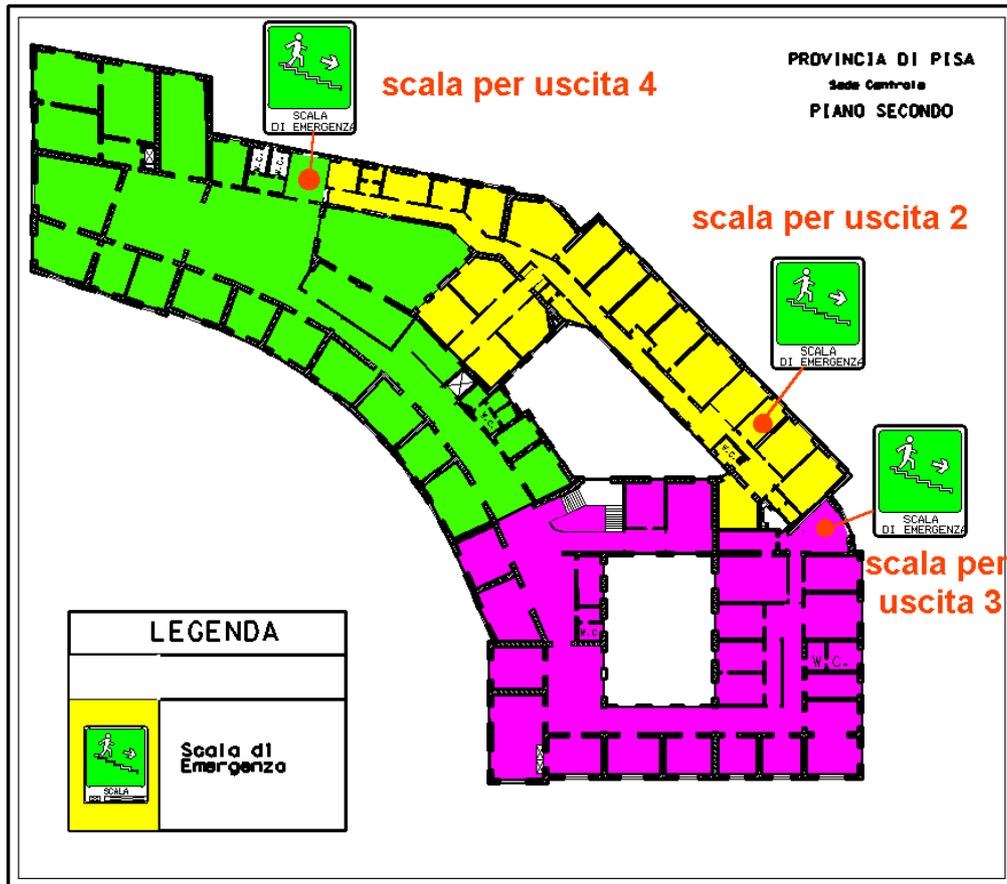


Figura 3: Provincia di Pisa; piano 2

La stima della densità è stata condotta sulla base di alcune ipotesi.

La prima ipotesi è che tutte le persone escano dalla propria stanza nello stesso momento. Questa ipotesi è valida se l'allarme viene dato contemporaneamente a tutti i settori. L'ipotesi risulta inoltre in accordo con la stima della durata della fase 1.

Al momento dell'uscita si ha dunque la massima densità "media" per ogni settore, ottenuta dividendo il numero di persone che hanno l'ufficio nel settore per la superficie del corridoio del settore (al netto delle parti inutilizzate secondo il "modello idraulico" sopra riportato). Il valore risultante della densità è comunque piuttosto basso: questo dato giustifica le assunzioni fatte, in quanto a basse densità la velocità di spostamento delle persone (S) è praticamente invariante con la densità.

La seconda ipotesi è che si possa considerare la densità media sulle scale uguale alla densità massima ottenuta come sopra, cioè dividendo il numero totale di persone dei settori che insistono su quella scala per la superficie utile della scala. Questo equivale a ipotizzare che quando l'ultima persona entra all'interno del vano scale, la prima persona non è ancora uscita, e che anche nelle fasi precedenti il moto procedesse come se tutti fossero già presenti sulle scale. Anche in questo caso, l'ipotesi è ragionevole finché le densità sono basse.

Relazioni utilizzate

Densità: $D = \text{Persone}/\text{Area}$

Flusso $F_s = S \cdot D$

Velocità $S = k \cdot (1 - a \cdot D)$ se $D > 0,54$

$S = 1,2$ se $D \leq 0,54$

Con

$$a = 0,266 \text{ m}^2/\text{persona}$$

$$k = 1,4 \text{ m/s per i corridoi (fase 1)}$$

$$= 2,32 \text{ m/s per le scale (fase 2)}$$

Le superfici utili sono state calcolate considerando gli scarti previsti nei punti di discontinuità

FASE 1

| Piano | Settore | N. persone | Densità massima D (pers/m ²) | velocità S (m/s) | Flusso specifico F _S (pers/(m*s)) | Flusso calcolato F _C (pers/s) | tempo di passaggio dall'uscita (sec) (=tempo per l'evacuazione totale dalla zona) |
|---------|------------|------------|--|------------------|--|--|---|
| Terra | 1 (blu) | 28 | 0,243 | 1,2 | 0,2916 | 0,23328 | 120 |
| Primo | 2 (giallo) | 14 | 0,152 | 1,2 | 0,1824 | 0,14592 | 96 |
| Primo | 3 (viola) | 36 | 0,48 | 1,2 | 0,576 | 0,4608 | 78 |
| Primo | 4 (verde) | 13 | 0,55 | 1,195 | 0,657 | 0,525879 | 25 |
| Secondo | 2 (giallo) | 14 | 0,155 | 1,2 | 0,186 | 0,1488 | 94 |
| Secondo | 3 (viola) | 42 | 0,33 | 1,2 | 0,396 | 0,3168 | 133 |
| Secondo | 4 (verde) | 36 | 0,297 | 1,2 | 0,3564 | 0,28512 | 126 |

FASE 2

| Scala | N. persone | Densità massima D (pers/m ²) | velocità S (m/s) | Flusso specifico F _S (pers/(m*s)) | Flusso calcolato F _C (pers/s) | tempo di passaggio dall'uscita (sec) (=tempo per l'evacuazione totale dalla zona) |
|------------|------------|--|------------------|--|--|---|
| 2 (gialla) | 28 | 1,36 | 1,480717 | 2,01377485 | 1,61102 | 17 |
| 3 (viola) | 78 | 2,97 | 0,487154 | 1,44684619 | 1,157477 | 67 |
| 4 (verde) | 49 | 2,17 | 0,98085 | 2,12844363 | 1,702755 | 29 |

Per confronto, le velocità sono state calcolate anche con le relazioni proposte da Marotta (2)

FASE 1

| Piano | Settore | N. persone | Densità massima D (pers/m ²) | velocità S (m/s) secondo Marotta (2) | velocità S (m/s) secondo Mutani (1) | tempo totale di uscita (sec) secondo Marotta (2) | tempo totale di uscita (sec) secondo Mutani (1) |
|---------|------------|------------|--|--------------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Terra | 1 (blu) | 28 | 0,24 | 1,30 | 1,2 | 111 | 120 |
| Primo | 2 (giallo) | 14 | 0,15 | 1,30 | 1,2 | 89 | 96 |
| Primo | 3 (viola) | 36 | 0,48 | 1,30 | 1,2 | 72 | 78 |
| Primo | 4 (verde) | 13 | 0,55 | 1,29 | 1,195 | 23 | 25 |
| Secondo | 2 (giallo) | 14 | 0,16 | 1,30 | 1,2 | 87 | 94 |
| Secondo | 3 (viola) | 42 | 0,33 | 1,30 | 1,2 | 122 | 133 |
| Secondo | 4 (verde) | 36 | 0,30 | 1,30 | 1,2 | 117 | 126 |

Le differenze sono sostanzialmente trascurabili

Riassunto dei risultati

| | Uscita 1 | Uscita 2 | Uscita 3 | Uscita 4 |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Tempo di evacuazione totale | 2'00" | 1'53" | 3'20" | 2'35" |
| Numero persone evacuate | 28 | 28 | 78 | 49 |
| Flusso medio (pers/(s* m)) | 0,290 | 2,000 | 1,446 | 2,128 |

4. Prova di evacuazione per la sede della Provincia di Pisa

In una struttura come la Provincia di Pisa, gli aspetti procedurali e organizzativi connessi ad una esercitazione antincendio possono raggiungere una notevole complessità. Pertanto, oltre a verificare “sulla carta” l’adeguatezza delle vie di esodo, l’ubicazione dei mezzi di spegnimento e l’attribuzione di responsabilità ai fini della gestione delle emergenze, si è ritenuto opportuno studiare il problema anche per mezzo di indagini “sul campo”, tese a verificare nella pratica le assunzioni fatte in sede di progetto. In tale ottica si inserisce la realizzazione di una “prova di evacuazione”, nella quale, senza approfondire gli aspetti della gestione dell’allarme, della formazione antincendio o del processo decisionale connesso alla gestione dell’emergenza, si intende verificare alcuni aspetti basilari della “evacuazione” e in particolare:

- numero delle persone necessarie al corretto svolgimento dell’evacuazione
- tempistica dell’evacuazione, in particolare in relazione alla presenza di portatori di handicap o comunque di persone con limitazione di mobilità
- adeguatezza delle vie di esodo stabilite
- dimensionamento e gestibilità dei punti di raccolta esterni identificati

4.1 Personale coinvolto

Per l’esecuzione della “prova di evacuazione”, in considerazione degli scopi suesposti, si è ritenuto opportuno coprire le cariche previste dall’organizzazione di emergenza (Addetti alla lotta antincendio, Addetti al Centralino, Vigilanza, ecc.) per mezzo di persone appositamente designate dal Responsabile del Servizio Prevenzione e Protezione (RSPP), il quale, solo ai fini della suddetta esercitazione, ha assunto il ruolo di Responsabile del Piano di Emergenza.

Ai fini dell’esercitazione sono state individuate le seguenti figure:

- N. 8 addetti alla Squadra di Pronto Intervento (SPI), con il compito di dare l’allarme, facilitare l’evacuazione di eventuali visitatori e portatori di handicap, verificare l’evacuazione completa della zona di pertinenza. Sono previsti 2 addetti alla Squadra di Pronto Intervento per ogni piano, più due supplenti da attivare soltanto in caso di irreperibilità dei suddetti.
- N. 1 addetto al Centralino di emergenza, identificato nell’addetto di turno alla portineria, con il compito di: ricevere la comunicazione di inizio dell’esercitazione dal parte del RSPP; reperire telefonicamente gli addetti alla SPI per informarli dell’inizio dell’esercitazione; attendere ulteriori comunicazioni da parte del RSPP o della SPI.
- N.1 addetto alla Vigilanza, con il compito di: recarsi presso gli interruttori generali dell’impianto elettrico e del gas metano e simularne la chiusura; chiamare al piano terra l’ascensore e bloccare la porta aperta; verificare la percorribilità delle uscite di emergenza e le condizioni del deflusso delle persone.

4.2 Procedura operativa per l'attuazione dell'esercitazione

1. Il RSPP comunica al Centralino Emergenza l'*inizio esercitazione* ed ordina di allertare gli addetti alla SPI, via telefono interno;
2. Gli addetti alla SPI si recano presso l'ufficio del RSPP, che costituisce il fittizio "luogo dell'evento";
4. Gli addetti SPI, partendo dal luogo dell'evento ipotizzato, si distribuiscono presso le proprie zone di competenza e danno la comunicazione dell'inizio dell'evacuazione ai Dipendenti dell'Azienda ed ai Visitatori presenti nei pressi della sede, facendoli confluire presso l'uscita stabilita, oppure, in caso si tratti di persone con limitazioni della capacità di movimento, presso i luoghi sicuri individuati all'interno del piano; l'RSPP si reca all'ingresso principale, presso il Centralino, e verifica lo svolgimento dell'evacuazione;
5. Una volta allertati tutti i dipendenti e i visitatori, gli addetti alla SPI ispezionano tutti gli ambienti per verificare l'effettiva evacuazione e, al termine dell'ispezione e dopo la verifica che le persone con limitazione della capacità di movimento sono state condotte nei luoghi sicuri individuati, escono dall'edificio percorrendo la via di esodo loro assegnata.
6. Gli addetti alla SPI si ritrovano presso una delle porte e, verificata la presenza di tutti, chiudono le porte e si recano presso il punto di raccolta stabilito comunicando l'avvenuta evacuazione;
7. il RSPP, ricevuta comunicazione dell'avvenuta evacuazione, dichiara finita l'esercitazione, comunicando il Cessato Allarme al Centralino Emergenza, agli addetti SPI ed a tutte le persone evacuate.

4.3 Vie di esodo

Ai fini della prova di evacuazione, è stato necessario utilizzare soltanto alcuni tra i numerosi percorsi di uscita di cui è dotato l'edificio della Provincia. Infatti non tutti i percorsi presenti rispondevano, al momento della prova, ai requisiti richiesti dalla normativa tecnica per le vie di esodo di emergenza. In particolare:

- l'esodo dal piano terra è stato effettuato esclusivamente per mezzo dell'uscita principale dell'edificio (uscita 1 - vedi figura 1), che è l'unica che risulta costantemente presidiata. Non è possibile utilizzare questa uscita per i piani superiori, in quanto la scala di accesso non è adeguata ai fini dell'esodo.
- L'esodo dai piani primo e secondo è stato effettuato per mezzo delle tre scale di emergenza che danno sul retro (scale 2, 3 4 – vedi figure 2 e 3). Tali scale sono separate dai piani per mezzo di porte resistenti al fuoco con autochiusura. La distanza per raggiungere tali porte è comunque inferiore a 45 metri.

4.4 Raccolta Dati

Per effettuare una analisi dei risultati della prova di evacuazione, i principali dati da raccogliere sono costituiti da:

- numero di persone presenti per piano al momento dell'inizio della prova
- sequenza temporale degli eventi descritti nella procedura di evacuazione;
- numero di persone in uscita dalle porte di emergenza e andamento temporale dell'esodo;
- numero di persone effettivamente evacuate.

Per verificare la sequenza temporale, il Responsabile del Piano e gli addetti alla Squadra di Pronto Intervento sono stati dotati di moduli sui quali annotare l'ora di esecuzione delle varie

operazioni previste dalle procedure, nonché la presenza di visitatori esterni o di persone con limitata capacità motoria.

Inoltre, per mezzo di telecamere, è stata filmata l'uscita delle persone dalle 4 uscite principali utilizzate per l'esodo. L'analisi di tali filmati, oltre a fornire ulteriori informazioni sulla sequenza degli eventi, ha permesso una stima dei flussi temporali del personale.

L'orologio marcatempo, normalmente in funzione, ha permesso di verificare il numero di dipendenti presenti in servizio all'interno dell'edificio al momento della prova. Inoltre, è stato istituito per l'occasione un codice specifico da digitare al momento del rientro dall'evacuazione: in tal modo, è stato possibile risalire al numero di persone effettivamente evacuate.

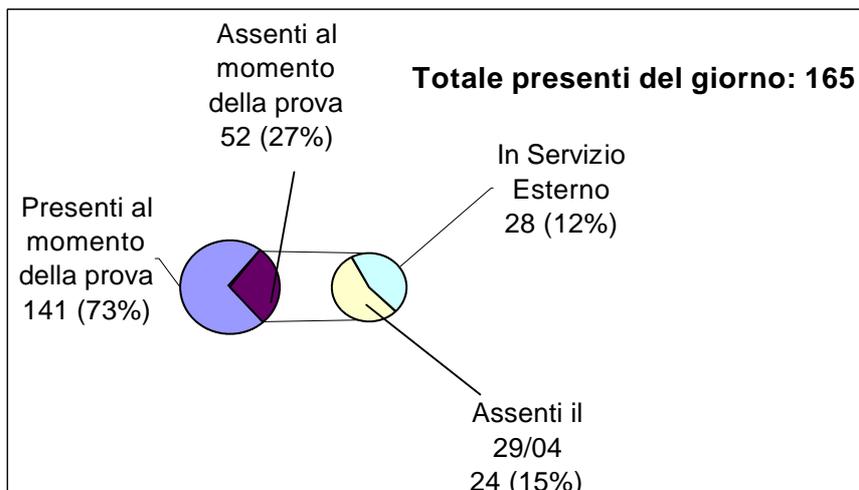
4.5 Risultati della prova di evacuazione

4.5.1 Analisi degli orologi marcatempo

L'analisi dei dati registrati dagli orologi marcatempo durante la mattina del 29 Aprile ha fornito in primo luogo il conteggio delle presenze e delle assenze al momento della prova di evacuazione.

Tale dato può essere ritenuto significativo di una giornata media.

Figura 4: presenze e assenze al momento della prova di evacuazione



E' stata poi analizzata l'effettiva quantità di persone presenti per ogni piano dell'edificio al momento dell'evacuazione e la percentuale di personale non registrato in ingresso dopo la prova. Quest'ultimo dato è stato confrontato con le osservazioni degli addetti alla SPI, in modo da tener conto anche di eventuali errori nella timbratura. Sempre dalle relazioni degli addetti alla SPI è stato ricavato il dato relativo alla presenza stimata di visitatori ad ogni piano.

| | Presenti al momento della prova | Rientrati | Visitatori | Non usciti |
|---------------|---------------------------------|-----------|------------|------------|
| Piano terra | 21 | 20 | 3 | 1 |
| Piano Primo | 39 | 37 | 1 | 2 |
| Piano Secondo | 81 | 79 | 8 | 2 |
| Altri | 0 | 0 | | 0 |
| Totale | 141 | 136 | 12 | 5 |

4.5.2 Analisi dei verbali

I verbali del Responsabile del SPP e degli addetti alla Squadra di Pronto Intervento forniscono i dati principali relativi allo sviluppo temporale della prova di evacuazione.

Il segnale di allarme è stato dato dal Responsabile alle ore 10:17.

Da quell'istante la sequenza degli eventi registrati dal RSPP stesso è stata:

| EVENTO | Ora |
|---|----------|
| Allarme per telefono | 10.17.00 |
| Riscontro dal centralino | 10.21.00 |
| Ora di arrivo del primo SPI nell'ufficio del Responsabile del SPP (*) | 10.20.00 |
| Ora di arrivo dell'ultimo SPI nell'ufficio del Responsabile del SPP (*) | 10.22.00 |
| Ora di partenza della squadra | 10.25.00 |
| Ora di arrivo del primo SPI uscita | 10.30.00 |
| Ora di arrivo dell'ultimo SPI uscita | 10.40.00 |

(*) luogo che costituisce l'ubicazione fittizia dell'evento incidentale che dà inizio all'emergenza.

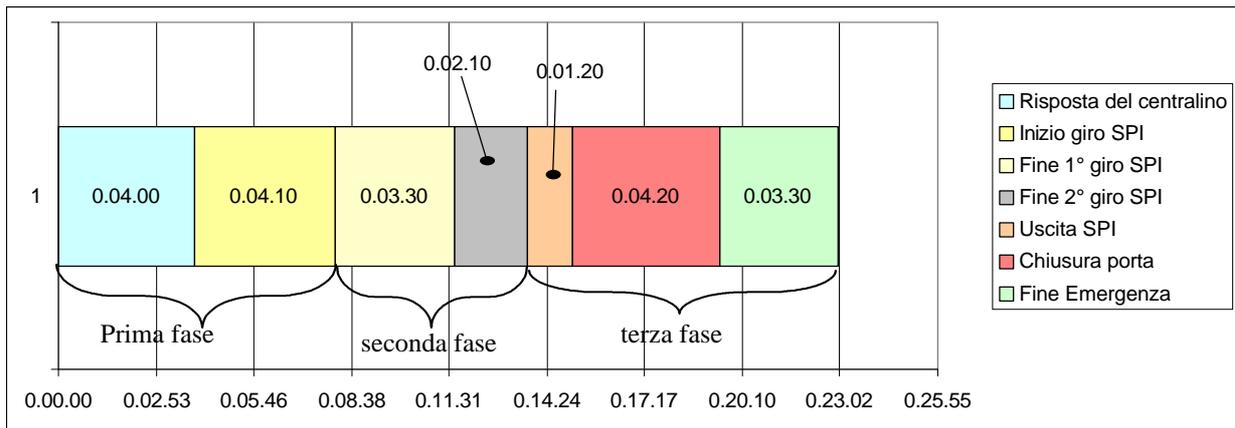
Nel grafico che segue sono riportati i tempi registrati dagli addetti alla Squadra di Pronto Intervento assegnati ai vari piani, misurati relativamente al tempo di inizio della prova (ore 10:17). Si possono distinguere tre fasi (vedi Figura 5).

Nella prima fase, che dura circa 8 minuti, il centralino allerta i componenti della Squadra di Pronto Intervento, che di recano presso l'ufficio del RSPP. In questa fase la tempistica risente fortemente delle caratteristiche particolari della prova in esame. La fase più critica sotto questo aspetto si è rivelata quella di allerta degli addetti da parte del Centralino. Tale operazione richiede un po' di tempo e inoltre, utilizzando una sola linea telefonica, risulta complesso il processo di verifica della presenza degli addetti stessi, in funzione della necessità di allertare le riserve. Proprio per questo l'allerta non necessaria di uno degli addetti di riserva ha provocato un periodo di disorientamento che ha contribuito al ritardo, in particolare nella fase di riunione degli addetti presso l'ufficio del RSPP.

La seconda fase inizia con l'uscita degli SPI dall'ufficio del RSPP e termina con la conclusione del giro di verifica (2° giro degli SPI), cioè con l'evacuazione completa dei presenti. Tale fase è durata circa 5 minuti e mezzo. Questa fase, rapportata al caso di una emergenza reale, corrisponde in pratica al tempo intercorrente tra lo scattare dell' "allarme rosso" (evacuazione) e lo svuotamento totale dei piani. L'operazione di allerta vocale di tutti i dipendenti non provoca grande ritardo, considerati i tempi di evacuazione del personale. In ogni caso, questi tempi potranno essere ridotti per mezzo di adeguati sistemi di allarme, già previsti.

La terza fase va dalla verifica dell'uscita di tutto il personale fino alla dichiarazione di fine dell'emergenza. Essa dura circa 9 minuti. In questa fase, comunque, i presenti sono già usciti tutti dall'edificio, quindi la sua durata non influisce direttamente sulla valutazione del rischio per le persone. In ogni caso, il ritardo in questa fase è stato determinato da scarsa coordinazione tra gli addetti alla SPI titolari e la riserva indebitamente allertata: questi problemi sono quindi contingenti e potranno essere facilmente risolti affinando le procedure e incrementando la formazione.

Figura 5: fasi dell'evacuazione



| | | |
|-------------------------|---------|----------|
| Risposta del centralino | 0.04.00 | h.m.m.ss |
| Inizio giro SPI | 0.08.10 | " |
| Fine 1° giro SPI | 0.11.40 | " |
| Fine 2° giro SPI | 0.13.50 | " |
| Uscita SPI | 0.15.10 | " |
| Chiusura porta | 0.19.30 | " |
| Fine Emergenza | 0.23.00 | " |

4.5.3 Analisi dei filmati

L'analisi dei filmati ha permesso di calcolare più nel dettaglio il tempo impiegato dal personale per uscire dalle porte di sicurezza stabilite e di dare una stima dei flussi temporali massimi.

Figura 6: USCITA 1

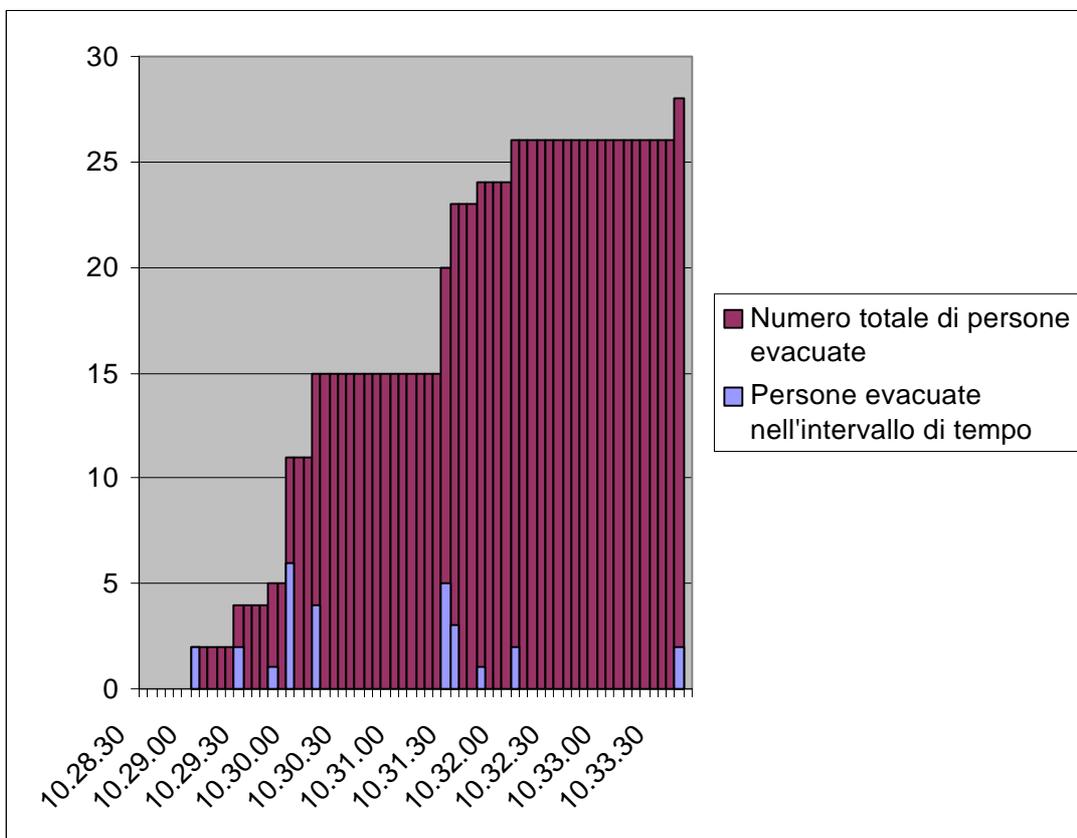


Figura 7: USCITA 2

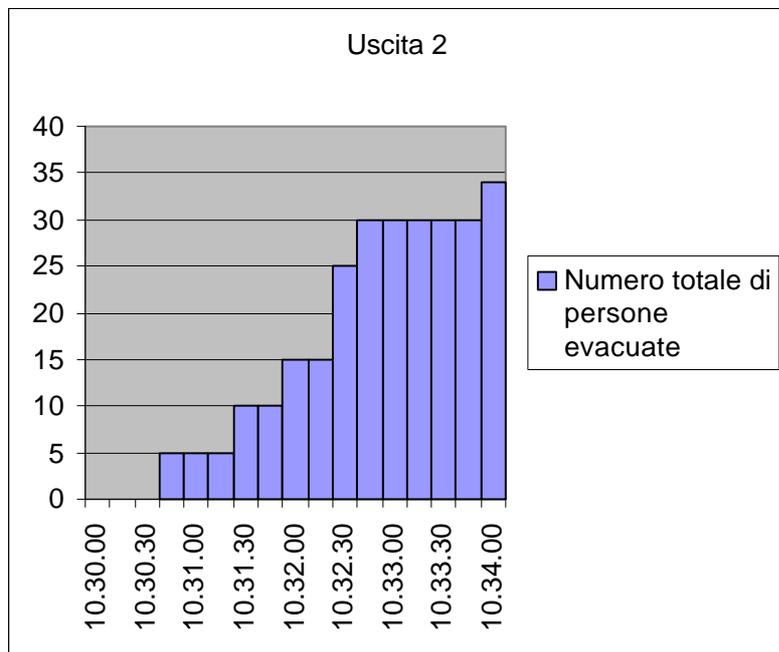
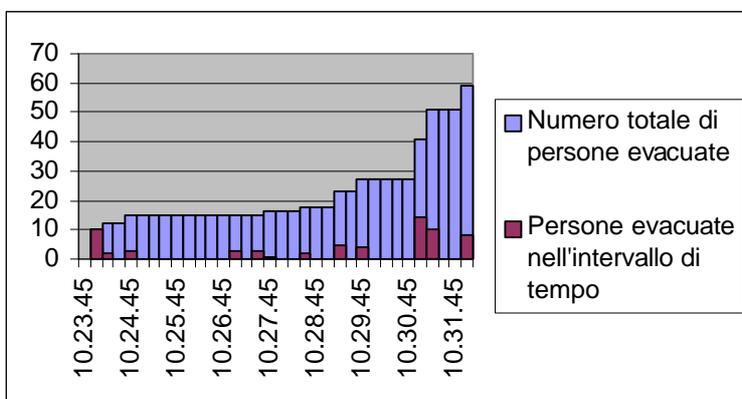


Figura 8: USCITA 3



* Si fa notare che le prime uscite registrate dalla telecamera sono avvenute intorno alle 10:24, quando ancora non era iniziato il giro degli addetti alla SPI. Infatti alcuni dipendenti, vedendo gli addetti che si recavano verso l'ufficio del RSPP, hanno ritenuto già iniziata l'evacuazione e sono usciti. L'uscita è stata registrata ugualmente in quanto non è possibile distinguere, dalla telecamera, queste uscite da quelle "regolari". I tempi osservati però risultano falsati.

Figura 9: USCITA 4

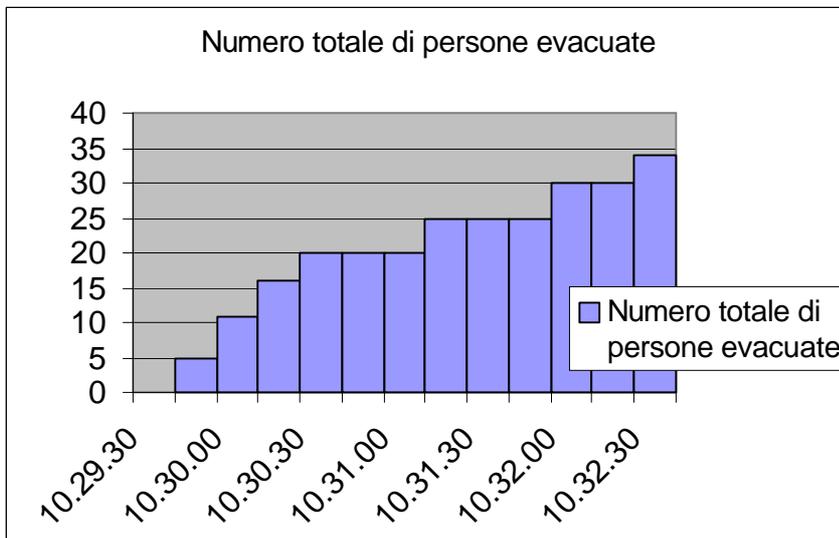
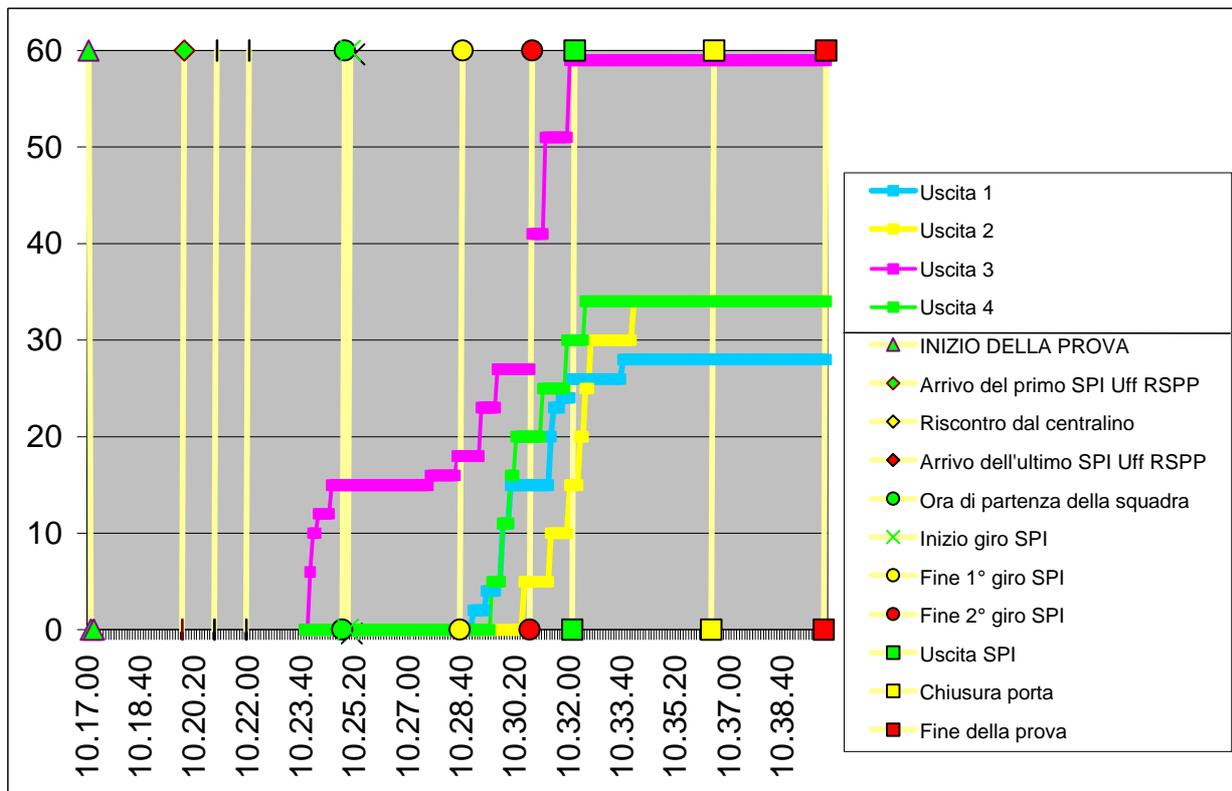


Figura 10: RAFFRONTO GLOBALE



5. *Raffronto tra i dati teorici e i risultati della prova di evacuazione*

Di seguito si riportano i risultati più importanti della prova di evacuazione ai fini del confronto con i dati teorici

Tempo di rilevazione e di allarme

E' stimato con il tempo intercorrente tra l'inizio dell'esercitazione e la fine del primo giro del SPI.

| Piano | Tempo di rilevazione e di allarme t_R+t_A (min:sec) |
|---------|---|
| Terra | 5:00 |
| Primo | 4:00 |
| Secondo | 4:00 |

Tempo di preparazione al movimento + tempo di movimento

E' stimato come il tempo che intercorre tra la fine del primo giro della SPI (momento in cui tutte le persone sono state allertate) e la fine dell'uscita del personale dalla relativa uscita di emergenza.

| Uscita | Tempo di preparazione al movimento e tempo di movimento $t_{PM}+t_M$ (min:sec) |
|------------|--|
| 1 (blu) | 2:44 |
| 2 (giallo) | 5:26 |
| 3 (viola) | (8:05)(*) |
| 4 (verde) | 2:53 |

(*) il dato registrato non è corretto perché alcuni presenti sono usciti in anticipo rispetto al termine del giro della SPI per errata interpretazione dei segnali; il dato stimato per tener conto di tale errore è di circa 3:00

Altri dati stimati:

| | Uscita 1 | Uscita 2 | Uscita 3 | Uscita 4 |
|--|----------|----------|----------|----------|
| Numero persone evacuate | 26 | 34 | 59 | 34 |
| Stima del Flusso medio (pers/(sec* m))(**) | 0,134 | 0,083 | 0,005 | 0,158 |
| Flusso Massimo (pers/sec) (**) | 1 | 0,416667 | 0,175 | 1,041667 |
| Densità media osservata lungo le scale (pers/m ²) (**) | - | - | - | 1 |
| Velocità stimata di discesa lungo le scale(**) | - | - | - | 0.5 |

(**) dati stimati per mezzo di osservazioni dirette

Nella seguente tabella è riportato un riassunto dei dati esposti, confrontati con i corrispondenti risultati teorici:

| Uscita | N. persone (dato teorico) | N. Persone (dato sperimentale) | $t_R + t_A$ teorico | $t_r + t_A$ sperimentale | $t_{PM} + t_M$ teorico | $t_{PM} + t_M$ sperimentale | Tempo totale di evacuazione teorico ($t_R + t_A + t_{PM} + t_M$) | Tempo totale di evacuazione sperimentale |
|------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|---|--|
| 1 (blu) | 28 | 26 | 4:40 | 5:00 | 2:30 | 2:44 | 7:10 | 7:44 |
| 2 (giallo) | 28 | 34 | 4:40 | 4:00 | 2:23 | 5:26 | 7:03 | 9:26 |
| 3 (viola) | 78 | 59 | 4:40 | 4:00 | 3:50 | 8:05 (*) | 8:20 | 12:05 (*) |
| 4 (verde) | 49 | 34 | 4:40 | 4:00 | 3:23 | 2:53 | 8:03 | 6:53 |

(*) il dato registrato non è corretto perché alcuni presenti sono usciti in anticipo rispetto al termine del giro della SPI per errata interpretazione dei segnali; il dato stimato per tener conto di tale errore è di circa 3:00

I tempi di evacuazione sperimentali risultano quindi in buon accordo con quelli calcolati per mezzo delle correlazioni suesposte.

Forti differenze si registrano invece nel calcolo dei flussi medi di uscita, come si può vedere dalla seguente tabella:

| uscita | N. persone | Densità massima D teorica (pers/m ²) | Densità massima D (pers/m ²) Stimata durante la prova | Flusso specifico F _s (pers/(m*s)) teorico | Flusso specifico F _s (pers/(m*s)) stimato durante la prova |
|------------|------------|--|---|--|---|
| 1 (blu) | 28 | 0,243 | - | 0,2916 | 0,134 |
| 2 (gialla) | 28 | 1,36 | - | 2,01377485 | 0,083 |
| 3 (viola) | 78 | 2,97 | - | 1,44684619 | 0,005 |
| 4 (verde) | 49 | 2,17 | 1 | 2,12844363 | 0,158 |

Per quanto i valori sperimentali risultino da stime molto grossolane, è piuttosto evidente la disparità dei valori calcolati. Ciò non inficia il buon accordo dei tempi di evacuazione registrati con quelli calcolati teoricamente. Questo è una indiretta conferma della bontà dell'ipotesi che a basse densità la velocità di spostamento è sostanzialmente indipendente dalla densità stessa.

6. Conclusioni

Dal punto di vista più strettamente connesso alla realtà analizzata, l'effettuazione della prova di esodo ha fornito indicazioni relative al "Piano di emergenza Interno" della Sede della Provincia di Pisa e alla struttura predisposta per la sua gestione. In particolare:

- la prova si può considerare riuscita in relazione ai tempi realizzati ed alla sostanziale partecipazione del personale che si è dimostrato sensibile a tale tematica.
- la localizzazione dei percorsi e vie di fuga sperimentati, così come l'individuazione dei punti di raccolta, sembra soddisfacente anche in relazione ad un ipotetico maggior affollamento della Sede.

Alcune deficienze riscontrate riguardano:

- Segnaletica interna insufficiente o mancante (le piante provvisorie relative ai percorsi e vie di esodo previste devono essere sostituite con piante definitive e localizzate nei punti strategici).
- La Struttura d'Allarme della squadra di emergenza così come della vigilanza deve essere perfezionata.

Per quanto riguarda invece gli aspetti teorici, lo studio effettuato, oltre a convalidare i modelli applicati, ha messo in evidenza alcuni risultati che potrebbero interessare molti degli edifici sede di enti pubblici con caratteristiche simili a quelle della Sede della Provincia di Pisa, in particolare a bassa densità di affollamento. Per tali tipi di strutture sono infatti raramente reperibili dati sperimentali che forniscano le caratteristiche dell'evacuazione. La bassa densità di affollamento in qualunque fase delle operazioni di evacuazione fa sì che la tempistica dell'evacuazione stessa non risulti influenzata in modo determinante dal numero di persone presenti. In tale caso sono essenzialmente le caratteristiche delle vie di esodo (lunghezza, larghezza, semplicità) che determinano il tempo totale di evacuazione.

7. Bibliografia

(1) G. Mutani, *Rischio di "intrappolamento" in caso di incendio: modelli di evacuazione*, Seminario "Rischi ed Ambiente" dell'Istituto di Studi Superiori di Scienze Umane (ISSU), Politecnico di Torino, 28/29 Marzo 2000, in corso di pubblicazione

(2) P. L. Maffei, N. Marotta, *L'evacuazione di emergenza negli edifici ad uso collettivo - Ospedali, scuole, complessi ricettivi e per lo spettacolo*, VGR 1998, Pisa